

تأثیر محلول پاشی کود جلبک دریایی بر شاخص‌های رشد، عملکرد، درصد و اجزای اسانس زوفا (*Hyssopus officinalis* L.)

حسن پیرانی^۱، محمدتقی عبادی^{۲*} و علی رضائی^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

پست الکترونیک: mt.ebadi@modares.ac.ir

۳- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۸

تاریخ اصلاح نهایی: اردیبهشت ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۹

چکیده

اطمینان از تولید سالم و پایدار محصولات کشاورزی به‌ویژه گیاهان دارویی همراه با حفظ محیط‌زیست موضوع قابل توجهی است که هر روز بر اهمیت آن افزوده می‌شود. به منظور بررسی تأثیر کاربرد کود جلبک دریایی بر خصوصیات رشدی و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار (صفر، ۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر) از کود مایع جلبک دریایی و سه تکرار به صورت محلول پاشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۹۶ انجام شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، سطح برگ، قطر ساقه، طول سرشاخه گلدار، وزن تر و خشک بوته، شاخص سبزی‌نگی، درصد و اجزای اسانس بودند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تیمار کود جلبک دریایی بر تمامی صفات مورد مطالعه بجز طول سرشاخه گلدار و قطر ساقه تأثیر معنی‌داری داشت و بالاترین ارتفاع بوته (۴۹/۶۶ سانتی‌متر)، بیشترین وزن تر بوته (۱۰۳/۲۲ گرم)، بیشترین وزن خشک بوته (۲۲/۸۹ گرم)، بیشترین سطح برگ (۰/۷۷ سانتی‌متر مربع) و بیشترین میزان شاخص سبزی‌نگی (۶۱/۸۳) در حضور کاربرد کود جلبک دریایی بدست آمد. همچنین تیمار ۱۰ میلی‌لیتر از کود جلبک دریایی بیشترین درصد و عملکرد اسانس (۵۸/۰٪ و ۲/۱۲ گرم بر مترمربع) را موجب شد. آنالیز اسانس نشان داد که ترکیب‌های بتا-پینن، ترنس-پینوکامفن و سیس-پینوکامفن اجزا غالب اسانس در تمامی تیمارها بودند. بیشترین میزان بتا-پینن (۳۲/۸٪)، سیس-پینوکامفن (۴۲/۵٪) و ترنس-پینوکامفن (۱۹/۶٪) در تیمارهای کاربرد کود جلبک دریایی بدست آمد ولی اختلاف چندانی با تیمار شاهد نداشتند. براساس نتایج حاصل از این تحقیق، مصرف کود جلبک دریایی می‌تواند موجب بهبود ویژگی‌های شاخص‌های رشدی و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی زوفا گردد.

واژه‌های کلیدی: زوفا (*Hyssopus officinalis* L.)، کود جلبک دریایی، درصد اسانس، عملکرد ماده خشک، سیس-پینوکامفن.

مقدمه

زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) گیاهی چندساله و متعلق به تیره نعناعیان است که منشأ آن جنوب غربی آسیا و جنوب اروپا است و در مناطق مختلفی از دنیا کشت می‌شود (Baj et al., 2018). برگ‌ها و سرشاخه‌های گلدار این گیاه معطر بوده و دارای اسانس، فلاونوئیدها، تانن و رزین می‌باشد. از کاربردهای اسانس زوفا می‌توان به‌عنوان طعم‌دهنده در صنایع غذایی، به‌عنوان پایدارکننده و خوشبوکننده در صنایع آرایشی و بهداشتی و همچنین در صنایع داروسازی برای درمان بیماری‌های دستگاه تنفسی مانند سرفه و سرماخوردگی، آسم و برونشیت اشاره نمود (Moro et al., 2005; Naghibi et al., 2010; Kizil et al., 2010; Moro et al., 2011).

افزایش استفاده از کودهای شیمیایی به منظور رفع سریع کمبود عناصر غذایی خاک و افزایش عملکرد خسارت‌های جبران‌ناپذیری به محیط زیست وارد کرده و سلامت انسان و سایر موجودات را به خطر می‌اندازد (Moradi et al., 2011; Koochaki et al., 2013). از این رو باید از نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر کاهش این خطرات، کمیت و کیفیت و ثبات در تولید نیز حفظ شود. در سطح جهانی رویکرد جدید تولید گیاهان دارویی به سمت افزایش کمیت و کیفیت ماده مؤثره با استفاده از روش‌های کشاورزی پایدار و ارگانیک پیش می‌رود، بنابراین می‌توان از کودهای آلی در تولید گیاهان دارویی برای تحقق این اهداف بهره جست (Ebadi et al., 2016; Darzi et al., 2007). از جمله این کودها، می‌توان به عصاره جلبک دریایی (Seaweed extract) اشاره کرد که در کشورهای زیادی برای تولید محصولات گیاهی سالم استفاده می‌شود و معمولاً با عنوان کود مایع جلبک دریایی (SLF: Seaweed liquid fertilizer) شناخته می‌شود (Selvam & Ganapathy, 2014; Sivakumar, 2014). جلبک‌های دریایی را براساس رنگی‌هشان به سه گروه اصلی (*Phaeophyta*، *Rhodophyta* و *Chlorophyta*، یا به ترتیب جلبک قهوه‌ای، قرمز و سبز) تقسیم می‌کنند. برخی از جلبک‌های دریایی

(*Macrocystis pyrifera*، *Ascophyllum nodosum* و *Durvillea potatorum*) در برنامه‌های غذایی و صنعتی استفاده می‌شوند و جلبک‌های قهوه‌ای (*Phaeophyta*) با حدود ۲۰۰۰ گونه در برنامه‌های کشاورزی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Goñi et al., 2016; Khan et al., 2009; Rafiee et al., 2016). وجود ترکیب‌های شیمیایی مختلف در عصاره جلبک دریایی و اثرهای فیزیولوژیکی آنها سبب شده که به طور گسترده در صنایع غذایی، آرایشی بهداشتی، تولید رنگ و ... مورد استفاده قرار بگیرند (Battacharyya et al., 2015). جلبک دریایی غیر آلاینده، غیر سمی و دوستدار محیط زیست بوده و به دلیل داشتن هورمون‌های رشدی مانند اکسین‌ها و سیتوکینین، عناصر ریزمغذی، ویتامین‌ها و آمینواسیدها سبب افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه، تأخیر در پیری و افزایش تحمل به تنش‌های محیطی می‌شود (Taghadosi et al., 2012; Kingman & Moore, 1982; Ludwing-Miller, 2000; Zodape et al., 2011). استفاده از جلبک دریایی در مطالعات متعددی باعث افزایش رشد و عملکرد در گیاهان زراعی، میوه‌ها و سبزیجات شده است (Eris et al., 2008; Spinelli et al., 2009; Chouliaras et al., 2009; Little & Blunden et al., 1996; Steveni et al., 1992; Jayaraj et al., 2010; Khan et al., 2012; Spann, 2010; Dawood, 2008; El-Metwally & Dawood, 2016; Santaniello et al., 2017; 2018). در مورد گیاهان دارویی، در آزمایشی با بررسی کود آلی جلبک دریایی، کود آلی هیومیک اسید و کود شیمیایی بر روی گیاه دارویی شنبلیله، بیشترین درصد اسانس (۹۷٪) و عملکرد اسانس در گلدان (۰/۰۱۴) در تیمار استفاده از کود آلی جلبک دریایی حاصل شد (Mafakheri, 2017). در مطالعه دیگری بر روی گیاه نعنا و ریحان، استفاده از جلبک دریایی باعث افزایش میزان اسانس و همچنین افزایش عملکرد پیکر رویشی در این گیاهان شد (Elansary et al., 2016). با بررسی‌های انجام‌شده در مورد تأثیر کودهای آلی (کود جلبک دریایی) بر روی گیاه دارویی زوفا یافته‌های

دریایی آسکوفیلوم نودوسوم (*Ascophyllum nodosum*) ساخته شده است. مشخصات این کود در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

جدول ۱- ترکیب‌های شیمیایی تشکیل‌دهنده کود جلبک دریایی

مقدار (درصد حجمی/حجمی)	ترکیب‌ها
۲/۵	نیتروژن کل
۳	پتاسیم (K ₂ O)
۲۵	عصاره جلبک دریایی
۱۰/۵	فولیک اسید
۱۵	مواد آلی

علاوه بر موارد بالا، عصاره جلبک دریایی یک منبع فعال از سایتوکینین، اکسین و جیبرلین است که می‌تواند باعث افزایش و تقویت رشد در گیاهان گردد. به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، نمونه‌برداری و آزمایش خاک صورت گرفت که نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک موردنظر در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Cu (mg.kg ⁻¹)	Fe (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)	N (%)	ماده آلی (%)	pH	EC (ds.l ⁻¹)	بافت خاک
۱/۲	۶/۷	۸/۹	۰/۸	۱۶۸	۲۵/۸	۰/۰۸	۰/۷	۷/۴	۰/۳۶	سیلت لوم

یک‌هفته‌ای انجام شد. برای کنترل علف‌های هرز از روش وجین دستی استفاده گردید. محلول‌پاشی‌ها در سه مرحله با بازه زمانی ۱۰ روزه تکرار شد و اولین مرحله محلول‌پاشی یک ماه بعد از کشت بود. محلول‌پاشی‌ها در بعدازظهر انجام می‌شد تا محلول کود جلبک دریایی در اثر تابش آفتاب دچار تبخیر

تحقیقاتی معدود و غیرکاملی بدست آمد، همچنین با توجه به گرایش جهانی برای تولید و فرآوری گیاهان دارویی در سیستم‌های کشاورزی سالم و پایدار، کاربرد کمتر کودهای شیمیایی به‌منظور پیشگیری از آلودگی محیط‌زیست و نیز ترغیب تولیدکنندگان به کاربرد بیشتر کودهای آلی در راستای تولید ارگانیک و پایدار گیاه دارویی زوفا، این تحقیق اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در بهار و تابستان سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در کیلومتر ۱۶ بزرگراه تهران-کرج انجام شد. مختصات جغرافیایی محل اجرای آزمایش ۵۱ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۲۱۵ متر و رژیم آب و هوایی آن نیمه‌خشک است. این پژوهش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار که شامل غلظت‌های مختلف کود جلبک دریایی (صفر، ۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر) بودند به‌صورت محلول‌پاشی انجام شد. کود آلی استفاده‌شده در این آزمایش عصاره جلبک دریایی Bioalgax بود که محصولی از شرکت Kimitec اسپانیا است و از جلبک

پس از آن به‌منظور آماده‌سازی زمین و انجام عملیات خاک‌ورزی، کرت‌هایی با ابعاد ۲×۲ متر ایجاد شد و کرت‌ها نیز با ۵۰ سانتی‌متر فاصله از یکدیگر جدا شدند. در هر واحد آزمایشی گیاهان با تراکم ۲۵×۲۵ سانتی‌متر کشت شدند (۱۶ بوته در مترمربع). آبیاری کرت‌ها به‌صورت غرقابی و با فاصله

طول ۳۰ متر و قطر ۰/۳۲ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر بود. برنامه‌ریزی حرارتی آون با ۶۰ درجه سانتی‌گراد شروع و بعد با افزایش دمای ۵ درجه در دقیقه ادامه یافت و در نهایت به مدت ۲ دقیقه در دمای ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد حفظ شد. دمای تزریق ۲۵۰ درجه و دمای شناسایی ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بود. گاز حامل هلیوم با درصد خلوص ۹۹٪ با سرعت ۱/۱ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. همچنین دستگاه گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی مورد استفاده از نوع Quadrupole مدل Trace MS، ستون HP-5 به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر، ضخامت لایه فاز ساکن، ۰/۲۵ میکرومتر، برنامه‌ریزی حرارتی مشابه دستگاه GC، دمای منبع یون و رابط حرارتی به ترتیب ۲۰۰ و ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد، انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون‌ولت و گاز حامل هلیوم با ۱/۱ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. شناسایی طیف‌ها به کمک محاسبه شاخص بازداری و مطابقت هر ترکیب با منابع از طریق تزریق هیدروکربن‌های نرمال (C8-C24) در شرایط یکسان با تزریق اسانس‌ها بدست آمد. همچنین مقایسه آنها با کتابخانه دستگاه شامل Adams, Wiley, Main library انجام شد. با توجه به سطح زیر منحنی هر یک از پیک‌های کروماتوگرام GC و مقایسه آن با سطح کل زیر منحنی، درصد نسی هر یک از اجزای تشکیل‌شده اسانس تعیین شد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌های بدست‌آمده از نرم‌افزار آماری SAS و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، آزمون نرمال بودن آنها انجام شد و پس از اطمینان از حالت توزیع نرمال، نسبت به تجزیه و تحلیل آنها اقدام گردید. مقایسه میانگین‌های بدست‌آمده توسط روش آزمون LSD در سطح ۵٪ و ۱٪ انجام شد.

نتایج

به دلیل عدم تأثیر معنی‌دار تیمارها بر طول سرشاخه گلدار و قطر ساقه، نتایج مربوط به این صفات مورد ارائه و بحث قرار نگرفت. نتایج مربوط به سایر صفات به شرح زیر می‌باشد.

نشود و کود جلبک دریایی زمان بیشتری را برای نفوذ به داخل برگ داشته باشد. نمونه‌برداری از گیاهان تیمار شده در شهریورماه (حدود ۱۵۰ روز پس از کاشت) و در مرحله گلدهی انجام شد. پس از حذف ردیف‌های کناری و ابتدا و انتهای هر ردیف به عنوان اثر حاشیه، ۵ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات و ویژگی‌هایی مانند وزن تر و خشک کل اندام هوایی گیاه، ارتفاع گیاه، سطح برگ، طول سرشاخه گلدار، قطر ساقه و شاخص سبزی‌نگی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن تر، نمونه‌ها بلافاصله پس از برداشت با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. سپس نمونه‌های خشک‌شده (۷۲ ساعت خشکاندن در آون الکتریکی با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد) توزین شدند. ارتفاع گیاه و طول سرشاخه گلدار به وسیله خط‌کش، سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta-T Devices, Cambridge, England)، قطر ساقه با استفاده از کولیس دیجیتال و شاخص سبزی‌نگی برگ با استفاده از دستگاه سبزی‌سنج (SPAD-502, Minolta, Japan) اندازه‌گیری شد. برای این منظور از هر گیاه پنج برگ جوان کاملاً توسعه‌یافته به طور تصادفی انتخاب و از قسمت میانی برگ‌ها چندین مرتبه اندازه‌گیری و در نهایت از اعداد بدست‌آمده میانگین گرفته شد. پیکر رویشی برداشت‌شده از بوته‌ها نیز برای سنجش و استحصال اسانس به آزمایشگاه گروه باغبانی منتقل گردید. برای اندازه‌گیری درصد اسانس، ۲۰ گرم از بافت خشک شده هر نمونه به کمک دستگاه کلونجر (Clevenger) و به روش تقطیر با آب به مدت ۳ ساعت مورد اسانس‌گیری قرار گرفت و درصد و عملکرد اسانس بر حسب وزن خشک گیاه تعیین شد. درصد اسانس به صورت وزنی بر حسب گرم میزان اسانس برای هر ۱۰۰ گرم از گیاه خشک‌شده محاسبه شد. عملکرد اسانس در هر بوته از طریق حاصل ضرب وزن خشک در درصد اسانس بدست آمد.

برای تجزیه نمونه‌های اسانس و اندازه‌گیری دقیق ترکیب‌های موجود در آن از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد که مشخصات آنها بدین شرح می‌باشد: دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC) مدل BVA۹۰، ستون HP-5 به

ارتفاع بوته

نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس آزمایش (جدول ۳) نشان داد که تأثیر محلول پاشی کود جلبک دریایی در سطح احتمال ۵٪ بر ارتفاع بوته معنی دار بود. جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که افزایش غلظت کود جلبک دریایی می‌تواند باعث افزایش ارتفاع گیاه گردد و بالاترین ارتفاع بوته نسبت به شاهد در سطح چهارم کود جلبک دریایی (۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر) به میزان ۴۹/۶۶ سانتی‌متر حاصل شد. با وجود این، ارتفاع بوته در سطوح مختلف غلظت کود جلبک دریایی به لحاظ آماری در یک سطح قرار گرفتند و تفاوت معنی داری بین آنها مشاهده نشد.

سطح برگ

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که محلول پاشی کود جلبک دریایی در سطح احتمال ۵٪ تأثیر معنی داری در این صفت داشت. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که افزایش غلظت مصرف کود جلبک دریایی می‌تواند باعث افزایش سطح برگ گردد و بالاترین سطح برگ در سطح

چهارم کود جلبک دریایی (۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر) به میزان ۰/۷۷ سانتی‌متر مربع بدست آمد. البته اختلاف معنی داری بین سطوح ۵ و ۱۰ میلی‌لیتر کود جلبک دریایی مشاهده نشد، همچنین بین تیمار شاهد و تیمار کاربرد غلظت ۲/۵ میلی‌لیتر بر لیتر نیز اختلاف معنی داری دیده نشد.

وزن تر و خشک بوته

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که سطوح مختلف محلول پاشی کود جلبک دریایی بر وزن تر و خشک گیاه دارویی زوفا تأثیر معنی داری در سطح احتمال ۱٪ داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که افزایش غلظت کود جلبک دریایی سبب افزایش وزن تر و وزن خشک گیاه زوفا گردید و این افزایش در وزن تر گیاه چشمگیرتر بود، به طوری که در بالاترین غلظت استفاده از کود جلبک دریایی سبب افزایش ۸۱ درصدی این صفت گردید. بیشترین وزن تر بوته (۱۰۳/۲۲ گرم) و بیشترین وزن خشک بوته (۲۲/۸۹ گرم) در تیمار ۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر از کود جلبک دریایی حاصل شد (جدول ۴ و شکل ۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر محلول پاشی کود جلبک دریایی بر صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاه دارویی زوفا

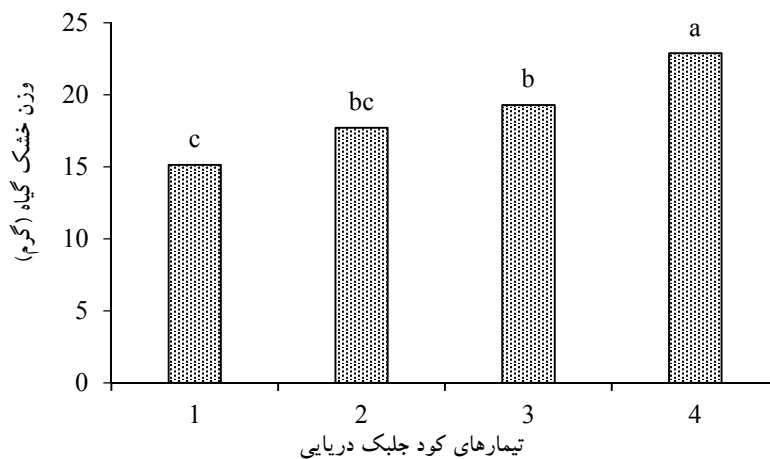
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	طول سرشاخه گلدار	قطر ساقه	سطح برگ	شاخص سبزینگی	میزان اسانس	عملکرد اسانس
بلوک	۲	۳/۶۰	۳۶۶/۸۲	۰/۷۲	۲/۶۳	۰/۲۲	۰/۰۶	۹/۴۲	۰/۰۱	۰/۰۹
تیمار	۳	۲۵/۶۶*	۱۱۸۸/۶۹**	۳۱/۴۸**	۶/۱۶ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}	۰/۰۲*	۲۰۶/۳۹**	۰/۰۲**	۰/۷۴**
خطای آزمایش	۶	۲/۸۸	۵۶/۹۹	۲/۲۴	۱/۸۶	۰/۰۷	۰/۰۰۲	۱۱/۲۹	۰/۰۰۱	۰/۰۱
درصد										
ضریب تغییرات	-	۳/۶۱	۹/۱۸	۷/۹۸	۱۴/۷۰	۹/۲۲	۸/۱۱	۶/۲	۷/۷۱	۸/۰۹

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ را نشان می‌دهد.

جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر محلول پاشی کود جلبک دریایی بر صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاه دارویی زوفا

تیمار	ارتفاع بوته (cm)	وزن تر بوته (g)	طول ساقه گل‌دهنده (cm)	قطر ساقه (mm)	سطح برگ (cm ²)	شاخص سبزینگی	میزان اسانس (%)
شاهد	۴۳/۰۰ b	۵۷/۲۷ c	۷/۵۳ b	۲/۴۵ b	۰/۵۵ c	۴۶/۰۲ b	۰/۴۰ b
۲/۵ (ml.l ⁻¹)	۴۶/۹۳ a	۷۶/۴۴ b	۸/۹۶ ab	۲/۹۲ ab	۰/۶۳ bc	۶۰/۸۳ a	۰/۴۳ b
۵ (ml.l ⁻¹)	۴۸/۶۰ a	۹۱/۸۱ a	۹/۷۰ ab	۲/۹۶ ab	۰/۶۷ ab	۴۸/۱۰ b	۰/۵۱ a
۱۰ (ml.l ⁻¹)	۴۹/۶۶ a	۱۰۳/۲۲ a	۱۰/۹۶ a	۳/۱۶ a	۰/۷۷ a	۶۱/۸۳ a	۰/۵۸ a

میانگین‌هایی که در هر ستون با حروف مشابه مشخص شده‌اند اختلاف معنی‌دار آماری با هم ندارند.



شکل ۱- وزن خشک زوفا تحت تأثیر غلظت‌های مختلف کود جلبک دریایی

میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف آماری معنی‌داری در سطح یک درصد با هم ندارند. تیمارها به ترتیب شماره عبارتند از: (۱) شاهد، (۲) غلظت ۲/۵ میلی‌لیتر بر لیتر کود جلبک دریایی، (۳) غلظت ۵ میلی‌لیتر بر لیتر کود جلبک دریایی، (۴) غلظت ۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر کود جلبک دریایی

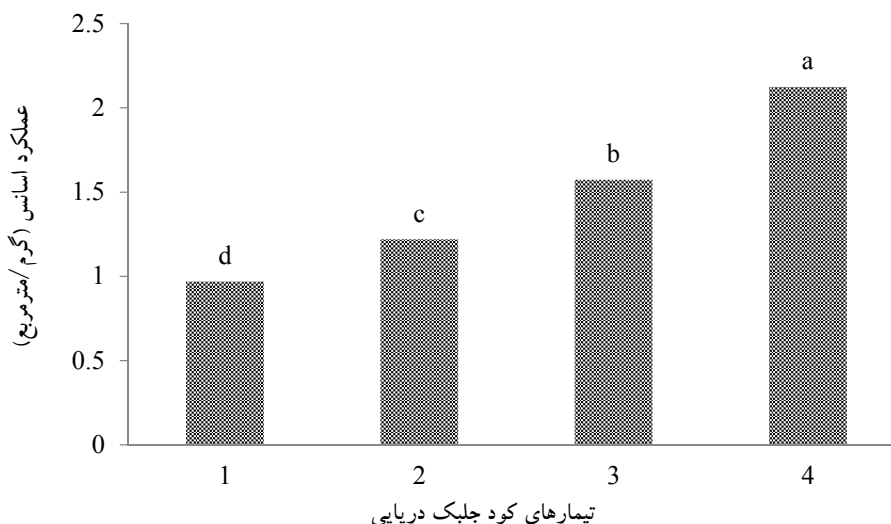
درصد و عملکرد اسانس

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که محلول پاشی کود جلبک دریایی بر درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی زوفا، تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشت. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که افزایش میزان مصرف کود جلبک دریایی باعث افزایش درصد اسانس گیاه دارویی زوفا گردید، به طوری که بیشترین درصد اسانس (۰/۵۸٪) در تیمار ۱۰ میلی‌لیتر کود جلبک دریایی مشاهده شد و پایین‌ترین میزان آن (۰/۴۰٪) در تیمار شاهد مشاهده شد. همچنین

شاخص سبزینگی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که کود جلبک دریایی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص سبزینگی گیاه دارویی زوفا داشت. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که به‌طور کلی افزایش میزان مصرف کود جلبک دریایی باعث افزایش محتوای کلروفیل گردید، هرچند این افزایش در تیمار غلظت ۵ میلی‌لیتر بر لیتر با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. تیمار غلظت ۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر سبب افزایش ۳۲ درصدی در محتوای کلروفیل برگ‌ها نسبت به تیمار شاهد شد.

گرم بر مترمربع) در تیمار شاهد مشاهده شد. در واقع تیمار کاربرد ۱۰ میلی لیتر بر لیتر سبب افزایش ۱۱۹ درصدی عملکرد اسانس نسبت به تیمار شاهد گردید که قابل توجه می باشد.



شکل ۲- عملکرد اسانس گیاه دارویی زوفا تحت تأثیر غلظت‌های مختلف کود جلبک دریایی

میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف آماری معنی داری در سطح یک درصد با هم ندارند. تیمارها به ترتیب شماره عبارتند از: (۱) شاهد، (۲) غلظت ۲/۵ میلی لیتر بر لیتر کود جلبک دریایی، (۳) غلظت ۵ میلی لیتر بر لیتر کود جلبک دریایی و (۴) غلظت ۱۰ میلی لیتر بر لیتر کود جلبک دریایی

اصلی ترکیب‌های اسانس به ویژه مونوتیرپن‌های هیدروکربنی و مونوتیرپن‌های اکسیژن دار نداشتند.

همبستگی بین صفات

همانطور که در جدول ۶ مشاهده می شود، بیشترین همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱٪ بین صفات عملکرد اسانس و درصد اسانس ($r=+0/93$)، عملکرد اسانس و وزن تر بوته ($r=+0/91$)، عملکرد اسانس و وزن خشک بوته ($r=+0/89$) و نیز وزن تر بوته با ارتفاع بوته ($r=+0/86$) وجود داشت. همچنین کمترین همبستگی بین صفات محتوای کلروفیل و درصد اسانس و سطح برگ و درصد اسانس ($r=+0/32$) مشاهده شد. لازم به ذکر است که صفت شاخص سبزی‌نگی با هیچ یک از صفات مورد مطالعه همبستگی معنی داری نداشت (جدول ۶).

ترکیب‌های اسانس

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می شود، ترکیب‌های بتا-پینن، ترنس-پینوکامفن (trans-pinocomphone) و سیس-پینوکامفن (cis-pinocomphone) اجزای غالب اسانس را تشکیل می دادند. نتایج آنالیز اسانس نشان داد که مقدار ترکیب بتا-پینن در بین تیمارهای کود جلبک دریایی تقریباً ثابت بود و تفاوت چندانی با تیمار شاهد نداشت ولی مقدار ترنس-پینوکامفن با افزایش غلظت کود روند افزایشی داشت و در تیمار استفاده از غلظت ۱۰ میلی لیتر در مقایسه با تیمار شاهد در حدود ۷٪ افزایش نشان داد. تیمارهای کود جلبک دریایی بر میزان ترکیب سیس-پینوکامفن تأثیر شگرفی نداشتند و با افزایش غلظت کود، این ترکیب کاهش جزئی را نشان داد. به طور کلی تیمارهای کودی تأثیر چندانی بر روی اجزای اصلی اسانس و همچنین گروه‌های

جدول ۵- درصد اجزای اسانس زوفا در تیمارهای مختلف کود جلبک دریایی

تیمارهای کود جلبک دریایی				شاخص بازداری	ترکیب	ردیف
۱۰ (ml.l ⁻¹)	۵ (ml.l ⁻¹)	۲/۵ (ml.l ⁻¹)	شاهد			
۳۲/۲	۳۲/۸	۳۲/۳	۳۲/۰	۹۷۷	β -pinene	۱
۳/۸	۳/۱	۲/۷	۳/۱	۱۰۲۷	sylvestrene	۲
۱/۵	۷/۱	۰/۶	۱/۱	۱۰۶۷	cis-sabinene hydrate	۳
۰/۶	۰/۴	۰/۷	۰/۸	۱۱۰۰	linalool	۴
۲/۳	۲/۵	۱/۶	۲/۱	۱۱۶۲	pinocarvone	۵
۱۹/۶	۳/۶	۱۲/۰	۱۲/۹	۱۱۶۶	trans-pinocamphone	۶
۳۴/۰	۳۱/۷	۴۲/۶	۴۱/۱	۱۱۸۵	cis-pinocamphone	۷
۱/۴	۰/۸	۲/۲	۱/۹	۱۲۰۳	myrtenol	۸
۰/۶	۱/۶	۱/۱	۱/۴	۱۲۹۳	methyl myrtenate	۹
۰/۶	۰/۶	۰/۴	۰/۴	۱۴۱۹	trans-caryophyllene	۱۰
-	-	۰/۲	-	۱۴۹۶	germacrene D	۱۱
۰/۵	۰/۳	۰/۷	۰/۵	۱۵۵۲	elemol	۱۲
۳۶/۰	۳۶/۰	۳۵/۰	۳۵/۲		Monoterpene hydrocarbons	۱۳
۶۰/۰	۴۷/۷	۶۰/۷	۶۱/۴		Oxygenated monoterpenes	۱۴
۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۴		Sesquiterpene hydrocarbons	۱۵
۰/۵	۰/۳	۰/۷	۰/۵		Oxygenated sesquiterpenes	۱۶
۹۷/۱	۸۴/۵	۹۷/۱	۹۷/۳		Total	

جدول ۶- ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مورد بررسی در زوفا

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱- ارتفاع بوته (cm)	۱								
۲- طول سرشاخه گلدار (mm)	۰/۶۸*	۱							
۳- وزن تر بوته (g/m ²)	۰/۸۶**	۰/۸۲**	۱						
۴- وزن خشک بوته (g/m ²)	۰/۷۵**	۰/۶*	۰/۸۴**	۱					
۵- سطح برگ (cm ²)	۰/۶*	۰/۴۱ns	۰/۵۷*	۰/۶۶*	۱				
۶- قطر ساقه (mm)	۰/۶۶*	۰/۵۱ns	۰/۶۹*	۰/۵۵ns	۰/۴ns	۱			
۷- شاخص سبزی‌نگی	۰/۴۴ns	۰/۴۶ns	۰/۴ns	۰/۵۲ns	۰/۴ns	۰/۳۵ns	۱		
۸- درصد اسانس	۰/۷*	۰/۷۵**	۰/۸۳**	۰/۶۸*	۰/۳۲ns	۰/۷۷**	۰/۲ns	۱	
۹- عملکرد اسانس (g/m ²)	۰/۷۹**	۰/۷۵**	۰/۹۱**	۰/۸۹**	۰/۵۳ns	۰/۷۲**	۰/۳۹ns	۰/۹۳**	۱

ns. * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ را نشان می‌دهد.

بحث

یکی از اصول مهم در برنامه‌ریزی تولید گیاهان دارویی به‌منظور حصول عملکرد بالا و با کیفیت مواد مؤثره مطلوب، ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه است. تغذیه صحیح گیاهان دارویی همراه با رعایت اصول تولید ارگانیک، ضمن حفظ محیط‌زیست و استانداردهای بهداشتی مواد خام گیاهان دارویی سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی مواد مؤثره در این گیاهان می‌شود (Ebadi et al., 2016). کاربرد کودهای آلی می‌تواند نقش بسزایی در کاهش آلاینده‌های محیطی و همچنین در کند کردن روند تخریب خاک زراعی داشته باشد. در مجموع مصرف کودهای آلی با کاهش هزینه‌های تولید و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، یکی از راهبردهای مهم برای نیل به کشاورزی پایدار است (Darzi et al., 2007).

نتایج این پژوهش نشان داد که کود جلبک دریایی تأثیر مثبتی بر ارتفاع گیاهان داشت که با نتایج گزارش شده توسط سایر محققان بر روی گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*)، اوکرا (*Abelmoschus esculentus*) و تربچه (*Raphanus sativus*) همسو است (Thirumaran et al., 2006؛ Thirumaran et al., 2007؛ Zodap et al., 2011). عصاره جلبک دریایی حاوی مقدار قابل‌توجهی از هورمون‌های رشد است که می‌تواند نقش کلیدی در رشد گیاهان ایفا کنند. محققان متعددی بیان کرده‌اند که حضور فاکتورهای محرک رشد مانند ایندول استیک اسید، ایندول بوتریک اسید، جیبرلیک اسید، عناصر میکرو و ماکرو در کود جلبک دریایی، افزایش رشد و نمو در گیاهان را باعث شده است (Pise & Sabale, 2010).

سطح برگ یکی از شاخص‌های مهم رشد است که از آن به‌عنوان معیار اندازه‌گیری سیستم فتوسنتزی استفاده می‌کنند. سطح برگ با عملکرد بیولوژیک و اقتصادی مرتبط بوده و افزایش آن باعث دستیابی به عملکرد بالا می‌شود (Sing et al., 1997). Heydari و همکاران (۲۰۱۷) اعلام کردند که کود جلبک دریایی باعث افزایش شاخص سطح برگ در گیاه همیشه‌بهار گردید که با نتایج این آزمایش همسو است. همچنین

در مطالعه‌ای دیگر، مشاهده شده است که کاربرد جلبک دریایی باعث افزایش سطح برگ در گیاه تاج‌خروس شد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (Sridhar & Rengasamy, 2011). نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش غلظت کود جلبک دریایی سبب افزایش وزن تر و وزن خشک گیاه زوفا گردید. محققان دیگر نیز بیان نموده‌اند که استفاده از کود مایع جلبک دریایی بر روی گیاه تاج‌خروس (*Amaranthus roxburghinus*) و تاج‌خروس سه‌رنگ (*Amaranthus tricolor*) باعث افزایش وزن تر و وزن خشک گیاه در سطح احتمال ۱٪ شده است که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد (Sridhar & Rengasamy, 2011). از دلایل این پدیده می‌توان به حضور فاکتورهای محرک رشد و عناصر میکرو و ماکرو در کود جلبک دریایی اشاره کرد (Pise & Sabale, 2010). کاربرد سایر کودهای آلی و زیستی نیز تأثیر مثبتی بر عملکرد گیاهان دارویی داشته است. به‌عنوان مثال استفاده از کودهای زیستی حاوی میکروارگانیسم‌های همزیست با گیاهان (مایکوریزا، ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) در گیاه سنبل‌الطیب سبب افزایش عملکرد کمی ریشه و تقویت رشد اندام هوایی گردید (Javan Ghililoo et al., 2019). کاربرد تلفیقی کود دامی و میکروارگانیسم‌های تثبیت‌کننده ازت تأثیر مثبتی بر روی رشد و عملکرد پیکر رویشی گیاه ریحان مقدس (*Ocimum sanctum*) داشت و سبب دستیابی به بیشترین عملکرد خشک (۶/۳ تن در هکتار) گردید (Smitha et al., 2019). کاربرد کودهای آلی (ورمی کمپوست و کود دامی) و زیستی (مایکوریزا) به‌همراه محلول‌پاشی برگی اسید آمینه فنیل‌آلانین سبب بهبود چشمگیر مقدار اسانس در پیکره رویشی گیاه زوفا نسبت به تیمار شاهد گردید و تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست به‌همراه محلول‌پاشی فنیل‌آلانین با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر دارای بیشترین مقدار اسانس (۱/۳٪) بود (Aghaei et al., 2019). استفاده از کودهای آلی و زیستی به‌دلیل تأمین کامل عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و بهبود عملکرد چرخه بیوسنتز متابولیت‌های اولیه سبب بهبود رشد و عملکرد کمی گیاهان دارویی گردید (El-Sayed et al., 2018) که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. افزایش محتوای کلروفیل در تیمارهای

نتایج بررسی همبستگی بین صفات مورد اندازه‌گیری نشان داد که بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین صفات عملکرد اسانس و درصد اسانس، عملکرد اسانس و وزن تر بوته، عملکرد اسانس و وزن خشک بوته و وزن تر بوته با ارتفاع بوته وجود داشت که این موضوع می‌تواند به دلیل تأثیر مثبت کود آلی جلبک دریایی بر جذب بیشتر عناصر غذایی و متقابلاً افزایش رشد و عملکرد اسانس باشد. نتایج مشابهی در رابطه با همبستگی مثبت و معنی‌دار صفات رشدی و عملکرد اسانس توسط Ahmadian و همکاران (۲۰۱۱) در گیاه بابونه، Safaei و همکاران (۲۰۱۳) در گیاه رازیانه و Abaszadeh و همکاران (۲۰۱۱) در گیاه بونه گزارش شده است.

در رابطه با اجزای اسانس زوفا، Pandey و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که سیس-پینو کامفن (۵۷/۷-۴۹/۷٪)، پینوکارون (۲۴/۹-۵/۵٪) و بتا-پینین (۹/۳-۵/۷٪) اجزای اصلی ترکیب‌های اسانس گیاه زوفا می‌باشند. سیس-پینوکامفن با میزان (۲۶/۸۵٪)، بتا-پینین با میزان (۲۰/۴۳٪) و ترانس-پینوکامفن با میزان (۱۵/۹۷٪) در مطالعه دیگری به عنوان ترکیب‌های اصلی اسانس زوفا شناسایی شده است (Said-Al Ahl et al., 2015). در مطالعات دیگری پینوکامفن و بتا-پینین مهمترین اجزای اسانس گیاه زوفا بودند (Garg et al., 1999؛ Khan et al., 2012). Cvijovic و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که ایزو-پینوکامفن (۴۶/۱٪) و پینوکامفن با (۱۵/۳٪) مهمترین میزان اجزای اسانس در گیاه دارویی زوفا بودند. نتایج مشابه دیگری نیز توسط سایر محققان گزارش گردید (Ozer et al., 2005؛ Zheljzakov et al., 2012). اگرچه در این آزمایش اجزای اصلی اسانس زوفا و گروه‌های شیمیایی اسانس به‌ویژه مونوترپن‌های هیدروکربنی و مونوترپن‌های اکسیژن‌دار تحت تأثیر غلظت‌های مختلف کود جلبک دریایی قرار نگرفتند ولی به دلیل افزایش درصد و عملکرد اسانس در این گیاه، مقدار این ترکیب‌ها نیز از لحاظ عملکرد کلی تحت تأثیر قرار گرفت، از این رو کود جلبک دریایی می‌تواند سبب تولید بیشتر این ترکیب‌ها در سطح مزرعه گردد. البته سایر محققان گزارش‌هایی در مورد تأثیر مثبت کود جلبک دریایی بر

کود جلبک دریایی احتمالاً به دلیل وجود هورمون‌های گیاهی به‌ویژه سیتوکینین‌ها است که تأثیر مستقیم بر سنتز کلروفیل دارند. محققان دیگر بیان نموده‌اند که وجود بتائین در عصاره جلبک دریایی بر کاهش تخریب کلروفیل تأثیر مثبت دارد (Shahbazi et al., 2015). همچنین احتمالاً وجود عناصر منیزیم و آهن در کود جلبک دریایی تأثیر مثبت در سنتز کلروفیل و افزایش فتوسنتز داشته است (Pise & Sabale, 2010). البته افزایش کلروفیل در گیاه گوآر (Cyamopsis tetragonoloba (L.) تحت تأثیر محلول‌پاشی با عصاره جلبک نیز گزارش شده است (Thambiraj et al., 2012).

نتایج حاصل از این پژوهش در رابطه با تأثیر مثبت کود جلبک دریایی در افزایش میزان اسانس، با نتایج Heydari و همکاران (۲۰۱۷) در گیاه همیشه‌بهار و نتایج Elansary و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه نعنا و ریحان مطابقت داشت. از دلایل این پدیده می‌توان به حضور عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و ...) موجود در عصاره جلبک دریایی اشاره کرد. در چندین مطالعه بر روی گیاهان دارویی وجود عناصر نیتروژن و فسفر باعث افزایش کمی و کیفی اسانس در این گیاهان شده است (Sotiropoulou & Karamanos, 2010؛ Chrysargyris et al., 2016). همچنین گزارش‌های متعددی در رابطه با کاربرد سایر کودهای آلی و زیستی در جهت بهبود مقدار اسانس در گیاهان دارویی منتشر شده است. به عنوان مثال، استفاده از کودهای زیستی حاوی میکروارگانیسم‌های همزیست با گیاهان (مایکوریزا، ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) در گیاه سنبل‌الطیب سبب افزایش ۶۲ درصدی اسانس نسبت به تیمار شاهد شد (Javan Gholiloo et al., 2019). کاربرد کود دامی به همراه باقیمانده اندام هوایی گیاهان خانواده بقولات سبب دستیابی به بیشترین میزان اسانس (۱/۷٪) در گیاه ریحان مقدس گردید (Smitha et al., 2019). به طور کلی کودهای زیستی با تأثیر مستقیم بر ایجاد کرک‌های ذخیره‌کننده اسانس در گیاهان دارویی و معطر و توسعه تولید اسانس در آنها، سبب افزایش محتوای مواد مؤثره می‌شوند (Abd El-Wahab et al., 2016؛ El-Sayed et al., 2018).

- (*Hyssopus officinalis*). Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 21: 101318.
- Ahmadian, A., Ghanbari, A. and Siahars, B.A., 2011. Study of the yield and its components of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under drought stress and organic and inorganic fertilizers using and their residue. *Agroecology*, 3(3): 383-395.
 - Baj, T., Gtowniak, I.K., Kowalski, R. and Malm, A., 2018. Chemical composition and microbiological evaluation of essential oil from *Hyssopus officinalis* L. with white and pink flowers. *Open Chemistry*, 16(1): 317-323.
 - Battacharyya, D., Babgohari, M.Z., Rathor, P. and Prithiviraj, B., 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196: 39-48.
 - Blunden, G., Jenkins, T. and Liu, Y.W., 1996. Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. *Journal of Applied Phycology*, 8: 535-543.
 - Chouliaras, V., Tasioula, M., Chatzissavvidis, C., Therios, I. and Tsabolatidou, E., 2009. The effects of a seaweed extract in addition to nitrogen and boron fertilization on productivity fruit maturation, leaf nutritional status and oil quality of the olive (*Olea europaea* L.) cultivar Koroneiki. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 984-988.
 - Chrysargyris, A., Panayiotou, C. and Tzortzakis, N., 2016. Nitrogen and phosphorus levels affected plant growth, essential oil composition and antioxidant status of lavender plant (*Lavandula angustifolia* Mill.). *Industrial Crops and Products*, 83: 577-586.
 - Cvijovic, M., Djukic, D., Mandic, L., AcamovicDjokovic, G. and Pesakovic, M., 2010. Composition and antimicrobial activity of essential oils of some medicinal and spice plants. *Chemistry of Natural Compounds*, 46(3): 481-483.
 - Darzi, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F. and Sefidkon, F., 2007. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 22(4): 276-292.
 - Dawood, M.G., 2018. Weed management, folic acid and seaweed extract effects on Faba bean plants and associated weeds under sandy soil conditions. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 19(5): 27-34.
 - Ebadi, M.T., Azizi, M., Sefidkon, F. and Ahmadi, N., 2016. Effects of organic and chemical fertilizers on leaf yield, essential oil content and composition of lemon verbena (*Lippia citriodora* Kunth.). *Journal of Horticultural Science*, 30(2): 293-302.
 - Elansary, H.O., Yessoufou, K., Shokralla, S.,

اجزای اسانس گیاهان دارویی و معطر منتشر نموده‌اند. به‌عنوان مثال Tawfeeq و همکاران (۲۰۱۶) گزارش نمودند که کود جلبک دریایی سبب افزایش معنی‌دار ترکیب‌هایی همانند بتا-پینن، آلفا-تریپینن و آلفا-فلاندرن در اسانس رزماری گردید. Elansary و همکاران (۲۰۱۶) نیز بیان نمودند که کاربرد کود جلبک دریایی سبب بهبود میزان منتون و منتول در اسانس نعنای فلفلی و همچنین متیل کایکول و لینالول در اسانس ریحان شد. احتمالاً شرایط اقلیمی منطقه کاشت، غلظت و تعداد محلول پاشی در فصل رشد و همچنین نوع گونه گیاهی در تأثیر کود جلبک دریایی بر اجزای اسانس نقش دارد و از این لحاظ مطالعات تکمیلی موردنیاز می‌باشد.

به‌طور کلی نتایج حاصل از این آزمایش حکایت از پاسخ مثبت گیاه دارویی زوفا به مصرف کود جلبک دریایی دارد و کاربرد این کود سبب گردید که بیشتر صفات مورد مطالعه افزایش معنی‌داری نسبت به گیاه شاهد داشته باشند. به‌طوری که بیشترین ارتفاع گیاه (۴۹/۶۶ سانتی متر)، بیشترین سطح برگ (۰/۷۷ مترمربع)، بیشترین وزن خشک گیاه (۲۲/۸۹ گرم) و عملکرد اسانس (۲/۱۲ گرم بر مترمربع) به هنگام کاربرد ۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر کود جلبک دریایی بدست آمد. بنابراین کاربرد آن در سیستم‌های کشت گیاهان دارویی به‌ویژه گیاه دارویی زوفا قابل توصیه می‌باشد.

منابع مورد استفاده

- Abaszadeh, B., Rezaiee, M.B. and Paknejad, F., 2011. Evaluation relationship between essential oil yield and some agriculture characters by using of path analysis of two ecotypes of *Mentha longifolia* (L.) Huds. var. *amphilema* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 27(1): 36-46.
- Abd El-Wahab, M.A., Ellabban, H.M. and Moghith, W.M.A., 2016. Combined effect of organic and biofertilizer on herb yield and essential oil production of *Origanum vulgare* L. plants under sandy soil conditions. *Journal of Sustainable Agricultural Science*, 42(2): 144-159.
- Aghaei, K., Pirbalouti, A.G., Mousavi, A., Badi, H.N. and Mehnatkesh, A., 2019. Effects of foliar spraying of l-phenylalanine and application of bio-fertilizers on growth, yield, and essential oil of hyssop

- growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4): 386-399.
- Kingman, A.R. and Moore, J., 1982. Isolation, purification and quantification of several growth regulating substance in *Ascophyllum nodosum* (Phaeophyceae). *Botanica Marina*, 25: 149-153.
 - Kizil, S., Hasimi, N., Tolan, V., Kilinc, E. and Karatas, H., 2010. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) essential oil. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38: 99-103.
 - Koochaki, A.R., Amir Moradi, Sh., Shabahang, J. and Kalantari Khandani, S., 2013. Effect of organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of medicinal plants *Plantago ovate* Forssk., *Alyssum homolocarpum* L., *Lepidium perfoliatum* L., and *Lalementia iberica* L. *Journal of Agroecology*, 1: 16-26.
 - Little, H. and Spann, T.M., 2010. Commercial extracts of *Ascophyllum nodosum* increase growth and improve water status of potted citrus rootstocks under deficit irrigation. *Hort Science*, 45: 63.
 - Mafakheri, S., 2017. Effect of some organic and chemical fertilizers on morphological and biochemical factors of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Journal of Plant Production*, 40(3): 27-40.
 - Moradi, R., Nasiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A. and Nejad Ali, A., 2011. The effect of application of organic and biological fertilizers on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Horticultural Science*, 25(1): 25-33.
 - Moro, A., Zalacain, A., De Mendoza, J.H. and Carmona, M., 2011. Effects of agronomic practices on volatile composition of *Hyssopus officinalis* L. essential oils. *Molecules*, 16: 4131-4139.
 - Naghibi, F., Mosaddegh, M., Mohammadi Motamed, M. and Ghorbani, M., 2005. Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 4(2): 63-79.
 - Ozer, H., Sahin, F., Kilic, H. and Gulluce, M., 2005. Essential oil composition of *Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.) Arcangeli from Turkey. *Flavour and Fragrance Journal*, 20(1):42-44.
 - Pandey, V., Verma, R.S., Chauhan, A. and Tiwari, R., 2014. Compositional variation in the leaf, flower and stem essential oils of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) from western-Himalaya. *Journal of Herbal Medicine*, 4: 89-95.
 - Pise, N.M. and Sabale, A.B., 2010. Effect of seaweed concentrates on the growth and biochemical Mahmoud, E.A. and Skalicka-Woźniak, K., 2016. Enhancing mint and basil oil composition and antibacterial activity using seaweed extracts. *Industrial Crops and Products*, 92: 50-56.
 - El-Metwally, I.M. and Dawood, M.G., 2016. Response of faba bean plants to weed control treatments and foliar spraying of some bio-stimulants under sandy soil condition. *International Journal of PharmTech Research*, 9(12): 155-164.
 - El-Sayed, A.A., El-Leithy, A.S., Swaefy, H.M. and Senossi, Z.F.M., 2018. Effect of NPK, bio and organic fertilizers on growth, herb yield, oil production and anatomical structure of (*Cymbopogon citratus* Stapf) plant. *Annual Research & Review in Biology*, 26(2): 1-15.
 - Eris, A., Sirritepe, H.O. and Sirritepe, N., 2008. The effect of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract on yield and quality criteria in peppers. *Acta Horticulturae*, 412: 733-737.
 - Garg, S.N., Naqvi, A.A., Singh, A., Ram, G. and Kumar, S., 1999. Composition of essential oil from an annual crop of *Hyssopus officinalis* grown in Indian plains. *Flavour and Fragrance Journal*, 14(3): 170-172.
 - Goñi, O., Fort, A., Quille, P., McKeown, P.C., Spillane, C. and O'Connell, S., 2016. Comparative transcriptome analysis of two *Ascophyllum nodosum* extract biostimulants: same seaweed but different. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64: 2980-2989.
 - Heydari, M., Daneshian Mogaddam, A.M. and Nourafcan, H., 2017. Effect of vermicompost and liquid seaweed fertilizer on morpho-physiological properties of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 10: 891-906.
 - Javan Gholiloo, M., Yarnia, M., Ghorttapeh, A.H., Farahvash, F. and Daneshian, A.M., 2019. Evaluating effects of drought stress and bio-fertilizer on quantitative and qualitative traits of valerian (*Valeriana officinalis* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 42(13): 1417-1429.
 - Jayaraj, J., Wan, A., Rahman, M. and Punja, Z.K., 2008. Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot. *Crop Protection*, 27: 1360-1366.
 - Khan, R., Shawl, A.S. and Tantry, M.A., 2012. Determination and seasonal variation of chemical constituents of essential oil of *Hyssopus officinalis* growing in Kashmir valley as incorporated species of Western Himalaya. *Chemistry of Natural Compounds*, 48(3): 502-505.
 - Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M. and Prithiviraj, B., 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant

- Spinelli, F., Fiori, G., Noferini, M., Sprocatti, M. and Costa, G., 2009. Perspectives on the use of a seaweed extract to moderate the negative effects of alternate bearing in apple trees. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84: 131-137.
- Sridhar, S. and Rengasamy, R., 2011. Effect of seaweed liquid fertilizer on growth, pigment concentration and yield of *Amaranthus roxburghinus* and *Amaranthus tricolor* under field trial. *Journal of Current Research*, 3(7): 131-134.
- Steveni, C.M., Norrington-Davies, J. and Hankins, S.D., 1992. Effect of seaweed concentrate on hydroponically grown spring barley. *Journal of Applied Phycology*, 4: 173-180.
- Taghadosi, M., Hasani, N. and Sinki, J., 2012. Irrigation stress and spraying with humic acid and seaweed extract in antioxidant enzymes and proline in sorghum. *Crop Production under Environmental Stresses*, 4(1): 1-12.
- Tawfeeq, A., Culham, A., Davis, F. and Reeves, M., 2016. Does fertilizer type and method of application cause significant differences in essential oil yield and composition in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.)?. *Industrial Crops and Products*, 88: 17-22.
- Thambiraj, J., Lingakumar, K. and Paulsamy, S., 2012. Effect of seaweed liquid fertilizer (SLF) prepared from *Sargassum wightii* and *Hypnea musciformis* on the growth and biochemical constituents of the pulse, *Cyamopsis tetragonoloba* (L.). *Journal of Research in Agriculture*, 1: 065-070.
- Thirumaran, G., Anantharaman, P. and Kannan, L., 2007. Effect of seaweed liquid fertilizer in the radish (*Raphanus sativus*). *Journal of Ecobiology*, 20(1): 49-52.
- Thirumaran, G., Pratap Karmakar, P. and Anantharaman, A., 2006. Effect of seaweed extracts used as fertilizer for *Abelmoschus esculentus*. *Journal of Ecobiology*, 19(4): 373-376.
- Zheljzkov, V.D., Astatkie, T. and Hristov, A.N., 2012. Lavender and hyssop productivity, oil content, and bioactivity as a function of harvest time and drying. *Industrial Crops and Products*, 36: 222-228.
- Zodape, S.T., Gupta, A., Bhandari, S.C., Rawat, U.S., Chaudhary, D.R., Eswarana, K. and Chikara, J., 2011. Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Scientific and Industrial Research*, 70: 215-219.
- constituents of *Trigonella foenum-graecum* L. *Journal of Phytology*, 2(4): 50-56.
- Rafiee, H., Naghdi Badi, H., Mehrafarin, A., Qaderi, A., Zarinpanjeh, N., Sekara, A. and Zand, E., 2016. Application of plant biostimulants as new approach to improve the biological responses of medicinal plants- a critical review. *Journal of Medicinal Plants*, 3(59): 6-39.
- Safaei, L., Afiuni, D. and Zeinali, H., 2013. Correlation relationships and path coefficient analysis between essential oil and essential oil components in 12 genotypes of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 29(1): 187-200.
- Said-Al Ahl, H., Abbas, Z., Sabra, A. and Tkachenko, K., 2015. Essential oil composition of *Hyssopus officinalis* cultivated in Egypt. *International Journal of Plant Research*, 1(2): 49-53.
- Santaniello, A., Scartazza, A., Gresta, F., Loreti, E., Biasone, A. and Di Tommaso, D., 2017. *Ascophyllum nodosum* seaweed extract alleviates drought stress in Arabidopsis by affecting photosynthetic performance and related gene expression. *Frontiers in Plant Science*, 8: 1362.
- Selvam, G. and Ganapathy Sivakumar, K., 2014. Influence of seaweed extract as an organic fertilizer on the growth and yield of *Arachis hypogea* L. and their elemental composition using SEM-Energy Dispersive Spectroscopic analysis. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 3(1): 18-22.
- Shahbazi, F., Seyyed nejad, F., Salimi, M. and Gilani, A., 2015. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 8(3): 283-287.
- Sing, K.B., Malhaotra, R.S., Saxena, M.C. and Bejiga, G., 1997. Superiority of winter sowing over traditional spring sowing of chickpea in the Mediterranean region. *Agronomy Journal*, 89: 112-118.
- Smitha, G.R., Basak, B.B., Thondaiman, V. and Saha, A., 2019. Nutrient management through organics, bio-fertilizers and crop residues improves growth, yield and quality of sacred basil (*Ocimum sanctum* Linn.). *Industrial Crops and Products*, 128: 599-606.
- Sotiropoulou, D.E. and Karamanos, A.J., 2010. Field studies of nitrogen application on growth and yield of Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietswaart). *Industrial Crops and Products*, 32: 450-457.

Effect of seaweed fertilizer foliar application on growth parameters, yield, and essential oil content and composition of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.)

H. Pirani¹, M.T. Ebadi^{2*} and A. Rezaei³

1- M.Sc. graduated, Department of Horticultural science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2*- Corresponding author, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
E-mail: mt.ebadi@modares.ac.ir

3- Ph.D. student, Department of Horticultural science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: October 2019

Revised: April 2020

Accepted: May 2020

Abstract

Ensuring the healthy and sustainable production of agricultural products, esp. medicinal plants, while preserving the environment, is an important issue that is becoming increasingly important every day. To investigate the effect of seaweed fertilizer foliar application on growth characteristics and quantitative and qualitative yield of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.), an experiment was conducted in a randomized complete block design with four treatments of seaweed fertilizer (0, 2.5, 5 and 10 ml.l⁻¹) and three replications in the research farm of faculty of agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran province, Iran in 2017. Measured traits included plant height, leaf area, stem diameter, top flowering branch length, fresh and dry weight of the plant, chlorophyll content index, yield, essential oil content, and composition. The results showed that seaweed fertilizer had a significant effect on all studied traits except top flowering branch length and stem diameter, and the highest plant height (49.66 cm), fresh and dry weight of the plant (103.22 and 22.89 g, respectively), leaf area (0.77 cm²) and chlorophyll content (61.83) were obtained in 10 ml.l⁻¹ seaweed fertilizer treatment without significant difference from 5 ml.l⁻¹ treatment. Also, the 10 ml.l⁻¹ treatment caused the highest percentage and yield of essential oil (0.58% and 2.12 g.m⁻²). Essential oil analysis showed that β -pinene, *trans*-pinocamphone, and *cis*-pinocamphone were the main compounds of essential oil in all treatments. The highest content of β -pinene (32.8%), *cis*-pinocamphone (42.5%), and *trans*-pinocamphone (19.6%) was observed in 5, 2.5 and 10 ml.l⁻¹ seaweed fertilizer treatments, respectively, without significant difference from control treatment. Based on the results of this study, the application of seaweed fertilizer can improve the growth characteristics and quantitative and qualitative yield of hyssop.

Keywords: Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.), seaweed fertilizer, essential oil content, dry matter yield, *cis*-pinocamphone.